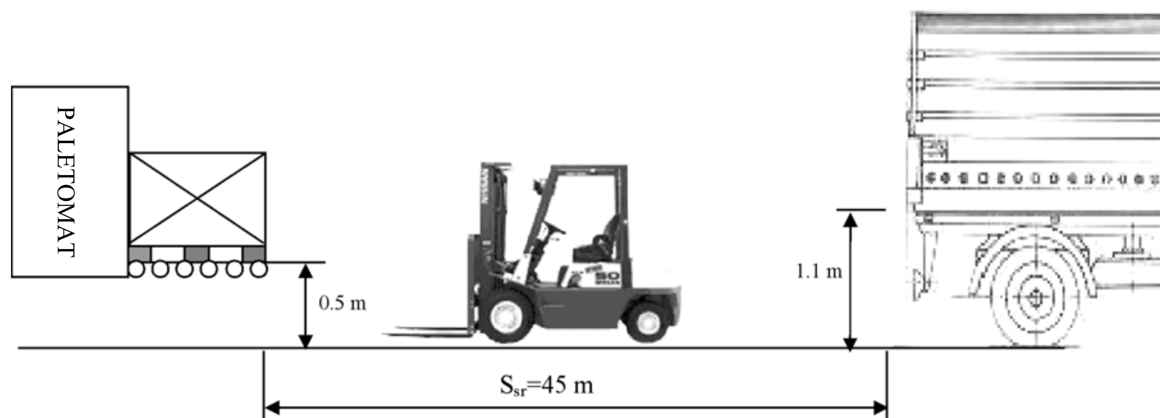
VILJUŠKARI

1. Viljuškar se koristi za utovar standardnih euro-pool paleta na drumsko vozilo u sistemu prikazanom na slici.



a) **Koliko treba viljuškara da bi vreme utovara kamiona u koji staje 10 paleta bilo manje od 6 min, ako su poznate**

v_{do}=0,2 m/s **v_{dn}=0,25 m/s**
v_{so}=0,3 m/s **v_{sn}=0,25 m/s**
v_{ko}=8 km/h **v_{kn}=10 km/h**
ρ=0,85

b) **Koliki je potreban broj viljuškara ako se brzina kretanja viljuškara poveća za 50 %**

c) **Izračunati iskorišćenje viljuškara u oba slučaja**

REŠENJE

a) Kapacitet jednog viljuškara u vremenskom periodu od 6 minuta se računa prema formuli:

$$Q_{K6'} = \frac{360}{T_C} \quad \left[{pal}/{6'} \right]$$

gde je T_C vreme ciklusa viljuškara

$$T_C = \rho \sum_i t_i$$

a pri čemu su t_i vremena pojedinih aktivnosti u ciklusu:

t_1 – vreme zahvatanja – Bazirano je na iskustvenim vrednostima (strana 370. knjige prof. Sretenovića – 10 do 15s), a u ovom slučaju usvajamo 10s

t_2 – vreme spuštanja opterećenih viljuški

Računa se na osnovu načina kretanja viljuški viljuškara, tj. uopšte načina kretanja. Naime, da bi viljuškar dostigao maksimalnu brzinu potrebno je da bude zadovoljen uslov

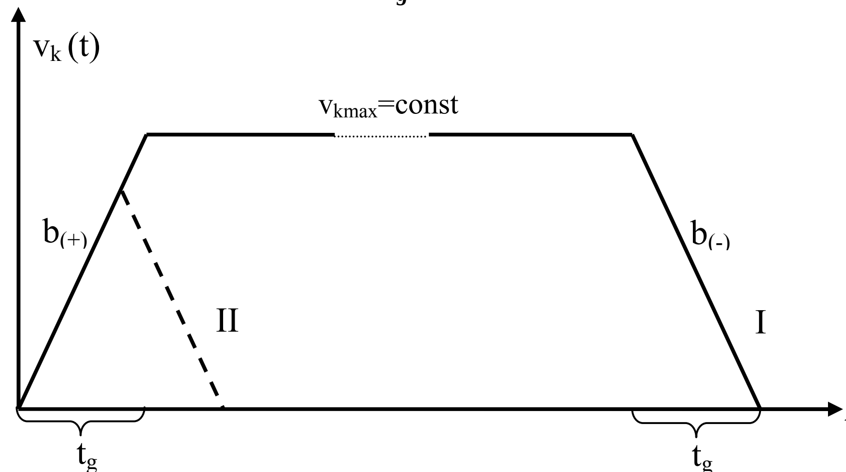
$$S \geq \frac{v_{max}^2}{b'} \qquad (1)$$

Ukoliko je uslov zadovoljen (slučaj I na donjoj slici) vreme kretanja viljuškara je $\boxed{t_k = \frac{S}{v_{max}} + \frac{v_{max}}{b'}}$,tj. $t_k = \frac{S}{v_{max}} + t_g$ a u suprotnom (slučaj II na donjoj slici) važi da je $\boxed{t_k = 2\sqrt{\frac{S}{b'}}.}$

$$t_2 = t_{so} = \frac{H_1}{v_{max}} + t_g$$

pri čemu je t_g vreme koje se dodaje zbog gubitaka pri ubrzanju i usporenju i za njegovu vrednost usvajamo vrednost od 1 do 1.5s. U konkretnom slučaju će biti usvojeno 1s.

DA LI VILJUŠKAR ZA VREME t_g DOSTIŽE MAKSIMALNU BRZINU?



b' je harmonijsko ubrzanje i dobija se iz formule

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}}$$

Kako je u našem slučaju $b_{(+)}$ jednako $b_{(-)}$,jer je t_g isto u oba slučaja, to se za $b_{(+)}$ i $b_{(-)}$ dobija

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.3\, m/s}{1s} = 0.3\, m/s^2$$

a harmonijsko ubrzanje je

$$b' = 2 \cdot \frac{0.3 \cdot 0.3}{0.3 + 0.3} = 0.3\, m/s^2$$

Sada uslov $H_1 \geq \frac{v_{max}^2}{b'}$ ima oblik

$$H_1 \geq \frac{(0.3\, m/s)^2}{0.3\, m/s^2} = \frac{0.09\, m^2/s^2}{0.3\, m/s^2} = 0.3m \qquad \Rightarrow \text{ uslov je zadovoljen pa je}$$

$$t_2 = \frac{H_1}{v_{max}} + t_g = \frac{0.5m}{0.3\, m/s} + 1s = 1.67 + 1 = 2.67s$$

t_3 - vreme okretanja za 180°

Vreme potrebno za izvršavanje ove aktivnosti se bazira na iskustvenim vrdnostima i kreće se u sledećim granicama.

Okretanje za 90° **- 6 do 8s**

Okretanje za 180° - **10 do 15s**

U ovom slučaju usvajamo 10s.

t_4 – vreme kretanja opterećenog viljuškara

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{8000m/3600s}{1s} = 2.22\,m/s^2$$

$$b' = 2\cdot\frac{b_{(+)}\cdot b_{(-)}}{b_{(+)}+b_{(-)}} = 2\cdot\frac{2.22\cdot 2.22}{2.22+2.22} = 2.22\,m/s^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{\left(8000m/3600s\right)^2}{2.22\,m/s^2} = 2.22m \le S_{sr} \quad \Rightarrow \quad \text{uslov je ispunjen, pa je}$$

$$t_4 = t_{ko} = \frac{S_{sr}}{v_{ko}} + t_g = \frac{45\ m}{8000m/3600s} + t_g = 20{,}25 + t_g$$ gde je t_g 1s.

$$t_4 = 20.25s + 1s = 21.25s$$

t_5 – vreme podizanja opterećenih viljuški

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{0.2\,m/s}{1s} = 0.2\,m/s^2$$

$$b' = 2\cdot\frac{b_{(+)}\cdot b_{(-)}}{b_{(+)}+b_{(-)}} = 2\cdot\frac{0.2\cdot 0.2}{0.2+0.2} = 0.2\,m/s^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{\left(0.2\,m/s\right)^2}{0.2\,m/s^2} = 0.2m \le H \quad \Rightarrow \quad \text{uslov je ispunjen, pa je}$$

$$t_5 = t_{do} = \frac{H}{v_{\max}} + t_g = \frac{1.1m}{0.2\,m/s} + t_g = 5.5s + t_g,\quad t_g = 1s$$

$$t_5 = 5.5s + 1s = 6.5s$$

t_6 – vreme odlaganja palete na vozilo

Takođe se bazira na iskustvenim vrednostima, i kreće se u granicama od 5 do 8s, a u ovom slučaju usvajamo 5s.

t_7 – vreme spuštanja neopterećenih viljuški

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{0.25\,m/s}{1s} = 0.25\,m/s^2$$

$$b' = 2\cdot\frac{b_{(+)}\cdot b_{(-)}}{b_{(+)}+b_{(-)}} = 2\cdot\frac{0.25\cdot 0.25}{0.25+0.25} = 0.25\,m/s^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{\left(0.25\,m/s\right)^2}{0.25\,m/s^2} = 0.25m \le H \quad \Rightarrow \quad \text{uslov je ispunjen, pa je}$$

$$t_7 = t_{sn} = \frac{H}{v_{sn}} + t_g = \frac{1{,}1m}{0.25\,m/s} + t_g = 4.4s + t_g \quad t_g=1s$$

$$t_7 = 4.4s + 1s = 5.4s$$

t_8 – vreme okretanja za 180° (usvajamo 10s)

t_9 – vreme kretanja neopterećenog viljuškara

Ako kao u slučaju t_2 usvojimo da je t_g 1s, tada provera dostizanja maksimalne brzine izgleda

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{10000m/3600s}{1s} = 2.77\,m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{2.77 \cdot 2.77}{2.77 + 2.77} = 2.77\,m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(10000m/3600s\right)^2}{2.77\,m/s^2} = 2.77m \le S_{sr} \quad \Rightarrow \quad \text{uslov je ispunjen i } t_9 \text{ je}$$

$$t_9 = \frac{S_{sr}}{v_{kn}} + \frac{v_{kn}}{b'} = \frac{45m}{10000m/3600s} + \frac{10000m/3600s}{2.77\,m/s^2} = 16.2 + 1 = 17.2s$$

t_{10} – vreme podizanja neopterećenih viljuški

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.25\,m/s}{1s} = 0.25\,m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.25 \cdot 0.25}{0.25 + 0.25} = 0.25\,m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(0.25\,m/s\right)^2}{0.25\,m/s^2} = 0.25m \le H_1 \quad \Rightarrow \quad \text{uslov je ispunjen i } t_{10} \text{ je}$$

$$t_{10} = \frac{H_1}{v_{dn}} + t_g = \frac{0.5m}{0.25\,m/s} + t_g = 2s + t_g \quad t_g=1s$$

$$t_{10} = 2s + 1s = 3s$$

$$T_C = \rho \cdot \sum_{i=1}^{10} t_i = 0.85 \cdot (10 + 2.67 + 10 + 21.25 + 6.5 + 5 + 5.4 + 10 + 17.2 + 3) =$$

$$0.85 \cdot 91.02 = 77.37s$$

$$Q_{K6'} = \frac{360}{77.37} = 4.65 \quad \left[pal/6' \right]$$

Potreban broj viljuškara za utovar 10 paleta u periodu od šest minuta je

$$N = \frac{Q_{potr}}{Q_{K6'}} = \frac{10}{4.65} = 2.15 \quad \Rightarrow$$ potrebno je tri viljuškara.

b)U slučaju povećanja brzine kretanja viljuškara za 50%, odgovarajuće brzine će iznositi

v_{ko}=12 km/h=3,33 m/s
v_{kn}=15 km/h=4,17 m/s

tj., u odnosu na ciklus viljuškara iz prethodnog dela zadatka promeniće se samo t_4 i t_9.

T_{4b} – vreme kretanja opterećenog viljuškara

Za t_g usvajamo 1s, tako da proverom dostizanja maksimalne brzine

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{3.33\, m/s}{1s} = 3.33\, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{3.33 \cdot 3.33}{3.33 + 3.33} = 3.33\, m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{(3.33)^2}{3.33\, m/s^2} = 3.33m \le S_{sr}$$

dobijamo da je

$$t_{4b} = t_{ko} = \frac{S_{sr}}{v_{ko}} + t_g = \frac{45\, m}{3.33\, m/s} + 1 = 13.5 + 1 = 14.5s$$

$$\Delta t_4 = t_4 - t_{4b} = 21.25 - 14.5 = 6.75s$$

t_{9b} – vreme kretanja neopterećenog viljuškara

Isto kao i u slučaju t_{4b}:

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{4.17\, m/s}{1s} = 4.17\, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{4.17 \cdot 4.17}{4.17 + 4.17} = 4.17\, m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{(4.17)^2}{4.17\, m/s^2} = 4.17m \le S_{sr} \quad \Rightarrow$$ uslov je ispunjen i t_{9b} je

$$t_{9b} = \frac{S_{sr}}{v_{kn}} + \frac{v_{kn}}{b'} = \frac{45m}{4.17\, m/s} + \frac{4.17\, m/s}{4.17\, m/s^2} = 10.8 + 1 = 11.8s$$

$$\Delta t_9 = t_9 - t_{9b} = 17.2 - 11.8 = 5.4s$$

Razlika između ciklusa u prvom i drugom slučaju je

$$T_{Cb} = T_C - \rho \cdot (\Delta t_3 + \Delta t_8) = 77.37 - 0.85(6.75 + 5.4) = 77.37 - 10.33 = 67.04s$$

Kapacitet viljuškara je

$$Q_{K6'}^b = \frac{360}{67.04} = 5.37 \quad \left[pal/6' \right]$$

a potreban broj viljuškara je

$$N^b = \frac{10}{5.37} = 1.86 \quad \Rightarrow \quad N^b = 2$$

c) Iskorišćenje viljuškara se dobija iz

$$\eta = \frac{Q_{potr}}{N \cdot Q_{vilj}}$$

tako da su iskorišćenja viljuškara

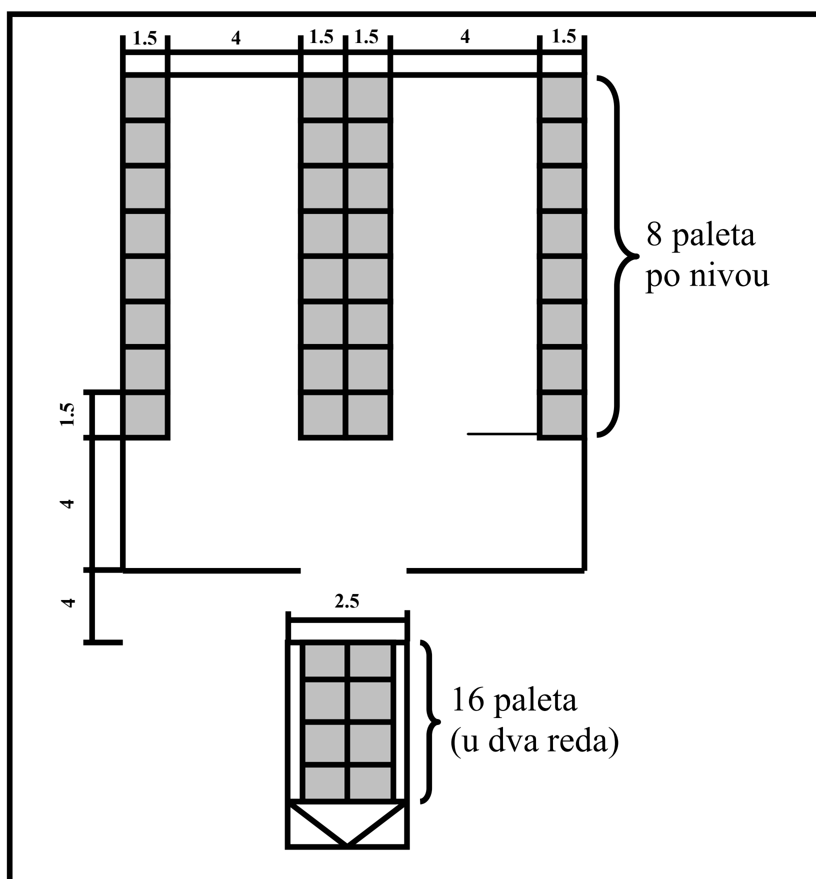
$$\eta_a = \frac{10}{3 \cdot 4.65} = \frac{10}{13.95} = 0.7168$$

$$\eta_b = \frac{10}{2 \cdot 5.37} = \frac{10}{10.74} = 0.9311$$

2. Izračunati očekivano vreme utovara vozila koje dolazi na pretovarni front regalskog paletnog skladišta, prikazanog na situacionom planu na slici, ukoliko se utovar realizuje viljuškarom, a palete se zahvataju sa podjednakom verovatnoćom sa svake pozicije.

Elementi potrebni za proračun ciklusa su:

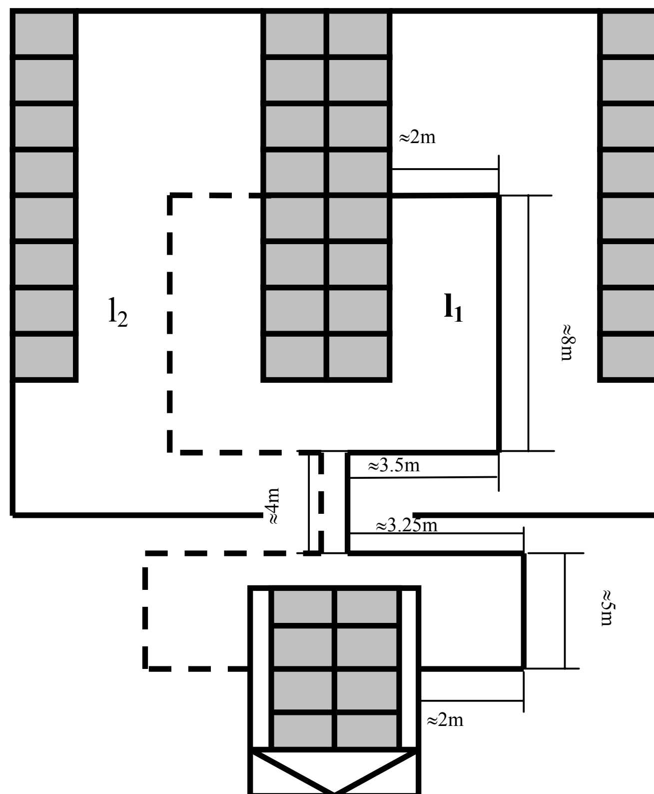
- **Brzina kretanja viljuškara u opterećenom/neopterećenom smeru je 8,2/13,2 km/h**
- **Brzina podizanja opterećenih/neopterećenih viljuški je 0,28/0,33 m/s**
- **Brzina spuštanja opterećenih/neopterećenih viljuški je 0,43/0,33 m/s**
- **Vreme zahvatanja paleta – 20s**
- **Vreme odlaganja paleta – 16s**
- **Okretanje viljuškara za 90° - 3s**
- **Palete su uskladištene u 5 redova po visini, visina regalske ćelije je 1,2m,a paletnog sloga 1m**
- **Vozila nose 16 paleta utovarenih u dva reda po visini**
- **Visina poda tovarnog sanduka je 1,1m.**



REŠENJE

Utvrđivanje vremena utovara vozila – T_{ut}, odnosno ciklusa viljuškara – T_C ($T_{ut}=16\cdot T_C$) podrazumeva da se, zbog postojanja uslova da se palete sa jednakom verovatnoćom zahvataju sa proizvoljnih pozicija u skladištu, u prvom koraku definišu srednja rastojanja i visine.

Ako se razmatra putanja viljuškara od regala do vozila činjenica da je ista verovatnoća zahvatanja (uzimanja) palete sa bilo koje pozicije govori da će viljuškar približno isti broj puta ići do svakog polja u regalu. To dalje znači da je srednji put moguće približno oceniti na način prikazan na slici u nastavku.



$$\bar{l}_1 \cong \bar{l}_2$$

$$\bar{l}_1 = \sum_{i=1}^{7} l_1^i$$

Imajući u vidu geometriju sistema i date dimenzije zaključuje se da je srednje rastojanje $\bar{l}_1 \cong 27.75m \cong 30m$.

S obzirom da se palete skladište u regalska polja u 5 redova po visini, to je srednja visina sa koje se paleta zahvata

$$H_R = \frac{0+1.2+2.4+3.6+4.8}{5} = \frac{12}{5} = 2.4m$$

S obzirom da se palete u vozilu slažu u dva reda, srednja visina na koju se palete odlažu (imajući u vidu visinu tovarnog sanduka) iznosi

$$H_V = \frac{1.1+(1.1+1)}{2} = 1.6m$$

PRORAČUN DUŽINE PRETOVARNOG CIKLUSA

t_1 – vreme zahvatanja palete iz regala

t_1=20s

t_2 – vreme spuštanja palete sa visine H_r

t_g=1.5s

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.43\,m/s}{1.5s} = 0.29\,m/s^2$$

$$b' = 2\cdot\frac{b_{(+)}\cdot b_{(-)}}{b_{(+)}+b_{(-)}} = 2\cdot\frac{0.29\cdot 0.29}{0.29+0.29} = 0.29\,m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(0.43\,m/s\right)^2}{0.29\,m/s^2} = 0.64m \le H_R$$

$$t_2 = \frac{H_R}{v_{so}} + t_g = \frac{2.4m}{0.43\,m/s} + 1.5s = 7.1s$$

t_3 – vreme okretanja viljuškara za 90°

t_3=3s

t_4 – vreme vožnje opterećenog viljuškara na rastojanju $\bar{l}_1$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{2.28\,m/s}{1.5s} = 1.52\,m/s^2$$

$$b' = 2\cdot\frac{b_{(+)}\cdot b_{(-)}}{b_{(+)}+b_{(-)}} = 2\cdot\frac{1.52\cdot 1.52}{1.52+1.52} = 1.52\,m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(2.28\,m/s\right)^2}{1.52\,m/s^2} = 3.42m \le \bar{l}_1$$

$$t_4 = \frac{\bar{l}_1}{v_{ko}} + t_g = \frac{30m}{2.28\,m/s} + 1.5s = 14.66s$$

t_5 – vreme podizanja opterećenih viljuški na visinu H_V

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.28\,m/s}{1.5s} = 0.19\,m/s^2$$

$$b' = 2\cdot\frac{b_{(+)}\cdot b_{(-)}}{b_{(+)}+b_{(-)}} = 2\cdot\frac{0.19\cdot 0.19}{0.19+0.19} = 0.19\,m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(0.28\,m/s\right)^2}{0.19\,m/s^2} = 0.42m \le H_V$$

$$t_5 = \frac{H_V}{v_{do}} + t_g = \frac{1.6m}{0.28\,m/s} + 1.5s = 7.2s$$

t_6 – vreme odlaganja palete na vozilo

t_6=16s

t_7 – vreme spuštanja neopterećenih viljuški sa visine H_V

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.33 \, m/s}{1.5s} = 0.22 \, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.22 \cdot 0.22}{0.22 + 0.22} = 0.22 \, m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(0.33 \, m/s\right)^2}{0.22 \, m/s^2} = 0.495m \le H_V$$

$$t_7 = \frac{H_V}{v_{sn}} + t_g = \frac{1.6m}{0.33 \, m/s} + 1.5s = 6.35s$$

t_8 – vreme okretanja viljuškara za 90°

t_8=3s

t_9 - vreme vožnje neopterećenog viljuškara na rastojanju $\bar{l}_1$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{3.67 \, m/s}{1.5s} = 2.44 \, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{2.44 \cdot 2.44}{2.44 + 2.44} = 2.44 \, m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(3.67 \, m/s\right)^2}{2.44 \, m/s^2} = 5.52m \le \bar{l}_1$$

$$t_9 = \frac{\bar{l}_1}{v_{kn}} + t_g = \frac{30m}{3.67 \, m/s} + 1.5s = 9.67s$$

t_{10} – vreme podizanja neopterećenih viljuški na visinu H_R

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.33 \, m/s}{1.5s} = 0.22 \, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.22 \cdot 0.22}{0.22 + 0.22} = 0.22 \, m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(0.33 \, m/s\right)^2}{0.22 \, m/s^2} = 0.495m \le H_R$$

$$t_{10} = \frac{H_R}{v_{dn}} + t_g = \frac{2.4m}{0.33 \, m/s} + 1.5s = 8.77s$$

Ukoliko je koeficijent dvojnih operacija 0,85

$$T_C = 0.85 \cdot (20 + 7.1 + 3 + 14.66 + 7.2 + 16 + 6.35 + 3 + 9.67 + 8.77) = 0.85 \cdot 95.75 \cong 81.4s$$

Vreme utovara je

$$T_{ut} = 16 \cdot T_C = 16 \cdot 81.4 = 1302.4s \cong 22 \min$$

5. Prema postavci prethodnog zadatka izračunati vreme istovara vozila za slučaj da viljuškar u jednom ciklusu nosi dve palete.

REŠENJE

U ovom slučaju menja se visina H_V, jer se pri jednovremenom zahvatanju dve palete viljuške podižu do nivoa (odnosno nešto iznad) tovarnog sanduka.

$$H_V = 1.1m$$

Srednje rastojanje ($\bar{l}_1$)ostaje isto, kao i visina na koju se palete odlažu u regal (H_V).

Ono što, međutim, treba imati u vidu pri ovoj koncepciji realizacije procesa jeste to da u regalsku ćeliju nije moguće jednovremeno uskladištiti dve palete, već se one prethodno moraju odlođiti u regalski prolaz, a zatim jedna po jedna uskladištiti.

PRORAČUN DUŽINE PRETOVARNOG CIKLUSA

t_1 – vreme zahvatanja paleta sa vozila

t_1=20s

t_2 – vreme spuštanja palete sa visine H_V

t_g=1.5s

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.43 m/s}{1.5s} = 0.29 m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.29 \cdot 0.29}{0.29 + 0.29} = 0.29 m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{(0.43 m/s)^2}{0.29 m/s^2} = 0.64m \le H_V$$

$$t_2 = \frac{H_V}{v_{so}} + t_g = \frac{1.1m}{0.43 m/s} + 1.5s = 4.06s$$

t_3 – vreme okretanja viljuškara za 90°

t_3=3s

t_4 – vreme vožnje opterećenog viljuškara na rastojanju $\bar{l}_1$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{2.28 m/s}{1.5s} = 1.52 m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{1.52 \cdot 1.52}{1.52 + 1.52} = 1.52 m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{(2.28 m/s)^2}{1.52 m/s^2} = 3.42m \le \bar{l}_1$$

$$t_4 = \frac{\bar{l}_1}{v_{ko}} + t_g = \frac{30m}{2.28 \, m/s} + 1.5s = 14.66s$$

t_5 – vreme odlaganja paleta u regalski prolaz

t_5 – 16s

t_6 – vreme zahvatanja "gornje" palete

t_6=20s (ukoliko pretpostavimo da je u ovo vreme uključeno i manevrisanje)

t_7 – vreme podizanja "gornje" palete na visinu H_R

(radi jednostavnijeg proračuna pretpostvljeno je da je brzina podizanja neoptrećenih viljuški jednaka brzini podizanja opterećenih viljuški)

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.28 \, m/s}{1.5s} = 0.19 \, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.19 \cdot 0.19}{0.19 + 0.19} = 0.19 \, m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(0.28 \, m/s\right)^2}{0.19 \, m/s^2} = 0.42m \le H_R$$

$$t_7 = \frac{H_R}{v_{do}} + t_g = \frac{2.4m}{0.28 \, m/s} + 1.5s = 10.07s$$

t_8 – vreme odlaganja palete u regalsku ćeliju

t_8=16s

t_9=vreme spuštanja neopterećenih viljuški sa visine H_R

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{max}}{t_g} = \frac{0.33 \, m/s}{1.5s} = 0.22 \, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.22 \cdot 0.22}{0.22 + 0.22} = 0.22 \, m/s^2$$

$$\frac{v_{max}^2}{b'} = \frac{\left(0.33 \, m/s\right)^2}{0.22 \, m/s^2} = 0.495m \le H_R$$

$$t_9 = \frac{H_R}{v_{sn}} + t_g = \frac{2.4m}{0.33 \, m/s} + 1.5s = 8.77s$$

t_{10} – vreme zahvatanja "donje" palete

t_{10}=20s

t_{11} – vreme podizanja "donje" palete na visinu H_R

$$t_{11} = \frac{H_R}{v_{do}} + t_g = \frac{2.4m}{0.28 \, m/s} + 1.5s = 10.07s$$

t_{12} – vreme odlaganja palete u regalsku ćeliju

t_{12}=16s

t_{13} - vreme spuštanja neopterećenih viljuški sa visine H_R

$$t_{13} = \frac{H_R}{v_{sn}} + t_g = \frac{2.4m}{0.33 \, m/s} + 1.5s = 8.77s$$

t_{14} – vreme okretanja viljuškara za 90º

t_{14}=3s

t_{15} - vreme vožnje neopterećenog viljuškara na rastojanju $\bar{l}_1$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{3.67\, m/s}{1.5s} = 2.44\, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{2.44 \cdot 2.44}{2.44 + 2.44} = 2.44\, m/s^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{\left(3.67\, m/s\right)^2}{2.44\, m/s^2} = 5.52m \le \bar{l}_1$$

$$t_{15} = \frac{\bar{l}_1}{v_{kn}} + t_g = \frac{30m}{3.67\, m/s} + 1.5s = 9.67s$$

t_{16} – vreme podizanja neopterećenih viljuški na visinu H_V

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{0.33\, m/s}{1.5s} = 0.22\, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.22 \cdot 0.22}{0.22 + 0.22} = 0.22\, m/s^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{\left(0.33\, m/s\right)^2}{0.22\, m/s^2} = 0.495m \le H_V$$

$$t_{16} = \frac{H_V}{v_{dn}} + t_g = \frac{1.1m}{0.33\, m/s} + 1.5s = 4.83s$$

$$T_C = 0.85 \cdot \sum_{i=1}^{16} t_i = 0.85 \cdot 184.9 = 157.16s$$

$$T_{ist} = 8 \cdot T_C = 1257.32s \cong 21\min$$

PRIMER PRORAČUNA CIKLUSA PO DIN STANDARDU

2.Kutije dimenzija 0,4x0,3x0,3m, težine 300 N, dopremaju se vagonima u skladište. Radi efikasnijeg manipulisanja koriste se PUL palete i vagonski viljuškar nosivosti 6kN, pri čemu se paletizacija obavlja u samom vagonu ručno. U skladištu se palete odlažu jedna na drugu.

a)Odrediti potrebno vreme rada jednog viljuškara za istovar jednog vagona, ukoliko je:

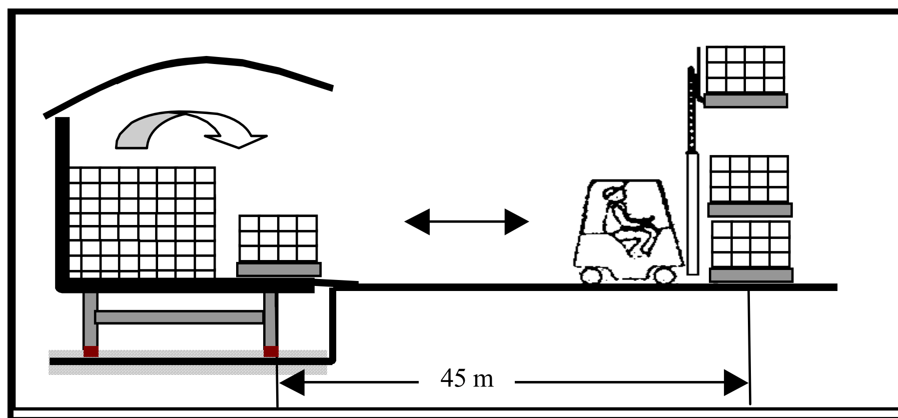
S_{sr}=45m

v_{kn}=13km/h	v_{ko}=8,2km/h
v_{dn}=0,33m/s	v_{do}=0,28m/s
v_{sn}=0,33m/s	v_{so}=0,43m/s

max h_d=2,5m

Prosečno opterećenje vagona je 150 kN.

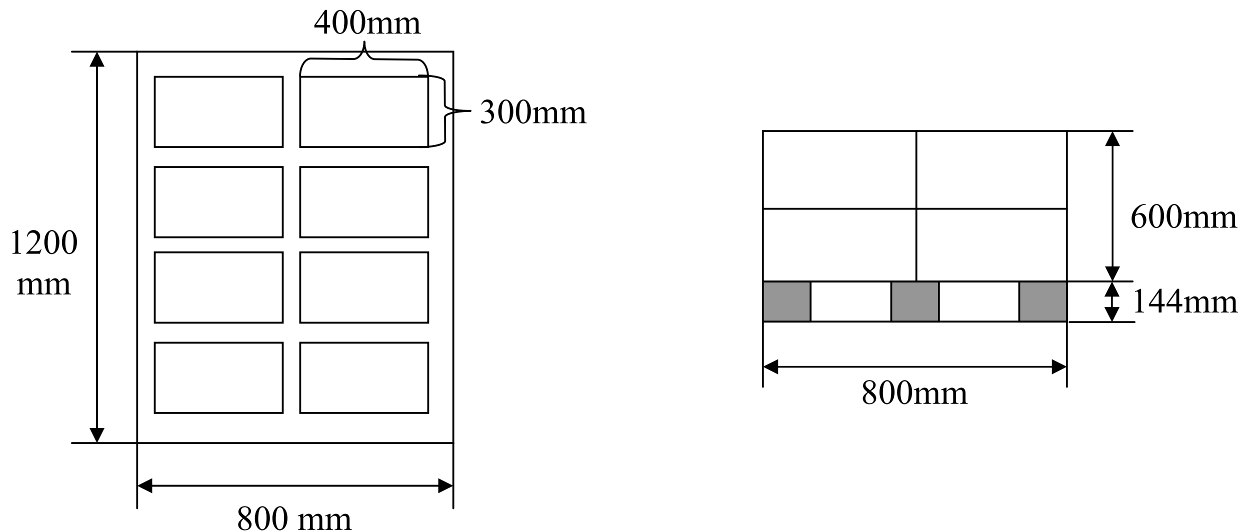
b) Koliko je viljuškara potrebno da se postava od 5 vagona istovari za manje od 3 časa.



REŠENJE

a) Najpre je neophodno da odredimo način formiranja palete.

Uzimajući u obzir uslove da je nosivost viljuškara 6kN i da se palete u skladištu slažu jedna na drugu, tj. da gornja površina ukrupnjenog tereta mora da bude ravna, uz date dimenzije kutija, **formiranje paleta** će biti kao na slici.



U jedan red palete staje osam kutija raspoređenih u dve kolone i četiri vrste. Zbog ograničenja nosivosti viljuškara na paleti se mogu formirati dva reda i tada je težina tereta na paleti

$G = 2 \cdot 8 \cdot 300N = 4800N = 4.8kN$

Potreban broj cilkusa viljuškara je

$n_C = \frac{G_{voz}}{G_{pal}} = \frac{150kN}{4.8kN} = 31.25 = 32$ ciklusa.

Obzirom da je maksimalna visina dizanja viljuškara 2,5m **formiranje sloga u skladištu** će biti u četiri reda, pri čemu je zadovoljena i statička nosivost palete (4x4,8 kN < 40 kN).

Na osnovu ovoga se računa i **srednja visina dizanja**

$\overline{H}_d = \frac{n \cdot 72 + n \cdot 816 + n \cdot 1560 + n \cdot 2304}{4 \cdot n} = \frac{4752}{4} = 1188mm$

PRORAČUN DIN CIKLUSA

t_1 – opterećena paleta zahvaćena sa poda i odlazak viljuškara

t_1=15,8s (tabela 3.1.14)

t_2 – okretanje

t_2=3s

t_3 – vožnja opterećenog viljuškara

$t_3 = t_{ko}$

Ako za t_g usvojimo 1,5s proverom

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{2.28\, m/s}{1.5s} = 1.52\, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{1.52 \cdot 1.52}{1.52 + 1.52} = 1.52\, m/s^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{(2.28)^2}{1.52\, m/s^2} = 3.42m \le S_{sr}$$

dobijamo da je

$$t_3 = \frac{S_{sr}}{v_{\max}} + t_g = \frac{45m}{2.28\, m/s} + 1.5s = 21.24s$$

t_4 – odlaganje i odlazak

t_4=20,3s

t_5 – okretanje

t_5=t_2=3s

t_6 – vožnja neopterećenog viljuškara

t_g=1,5s

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{3.61\, m/s}{1.5s} = 2.41\, m/s^2$$

$$b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{2.41 \cdot 2.41}{2.41 + 2.41} = 2.41\, m/s^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{(3.61)^2}{2.41\, m/s^2} = 5.4m \le S_{sr}\text{, pa je}$$

$$t_6 = \frac{S_{sr}}{v_{\max}} + t_g = \frac{45m}{3.61\, m/s} + 1.5s = 13.96s$$

$$T_C = \rho_1 \rho_2 \cdot \sum_{i=1}^{6} t_i = 0.9 \cdot (15.8 + 3 + 21.24 + 20.3 + 3 + 13.96) = 0.9 \cdot 77.3 = 69.57s$$

Vreme istovara vagona jednim viljuškarom je

$$T_{ist} = T_C \cdot n_C = 69.57 \cdot 32 = 2226.24s = 37'6''$$

b) Kako je vreme istovara jednog vagona jednim viljuškarom 37 minuta i 6 sekundi, vreme isrovara pet vagona je 185 minuta i 30 sekundi. Odavde izvodimo zaključak da je uslov da se pet vagona istovari za manje od 3h postojanje najmanje dva viljuškara.